

# ITS-90 IŞINIM (RADYASYON) SICAKLIĞI ÖLÇEĞİ ve UME'de İZLENEBİLİRLİK

Sevilay Uğur, Seda Oğuz, M. Özgür Dumlu  
TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME)

## ÖZET

ITS-90 Uluslararası Sıcaklık Ölçeği ışınım (radyasyon) sıcaklık ölçeğini gümüşün donma noktası 1234.93 K (961.78 °C) üstündeki sıcaklıkları aşağıdaki eşitlikle tanımlar.

$$\frac{L_{\lambda}(T_{90})}{L_{\lambda}(T_x)} = \frac{e^{c_2/\lambda \cdot T_{90}} - 1}{e^{c_2/\lambda \cdot T_x} - 1}$$

$x$  gümüş, altın ve bakırdan herhangi birinin donma noktası  $L_{\lambda}(T_{90})$  ve  $L_{\lambda}(T_x)$ ,  $\lambda$  dalga boyunda,  $T_{90}$  ve  $T_x$  sıcaklıklarında siyah cismin boşluktaki spektral ışınmasıdır.  $c_2=0.014388$  m.K'dir.

Bu eşitlikte görüldüğü gibi ışınım sıcaklığı ölçeğinde izlenebilirlik zincirinin en üst noktası gümüş, altın veya bakırın donma noktalarından birisidir.

Gümüşün donma noktasının altındaki sıcaklıklarda da ışınım termometreleri yaygın olarak kullanılır. Bu nedenle ölçeğin bu sıcaklık aralığında da izlenebilir olması gerekir. Bu aralıkta ITS-90'a izlenebilirlik sabit noktalar ve pt-termometreleri ile sağlanır. Son yıllarda ışınım termometri için de sabit noktalar yapılmakta ve kontak sıcaklığındaki pt-termometrelerin kullanılması gibi bu sabit noktalar arasındaki sıcaklıklar için enterpolasyon cihazı olarak kullanılacak ışınım termometreleri konusunda araştırmalar devam etmektedir.

UME, ITS-90 tanımına uygun olarak ışınım sıcaklığı laboratuvarını kurmaktadır. Işınım sıcaklığı konusunda bilimsel ve endüstriyel çalışmalarını Ocak 1996'dan itibaren sürdürmektedir. Bu makalede UME'de yapılan çalışmalar anlatılacak, ITS-90'a uygun UME Işınım Sıcaklığı Ölçeği tanıtılacak, Işınım Sıcaklığı Ölçeğinin iyileştirilebilmesi için yürütmekte olan bilimsel çalışmalar özetlenecektir.

## 1. GİRİŞ

ITS-90 Uluslararası Sıcaklık Ölçeği'nin belirttiği gibi ışınım sıcaklığı ölçeğinde gereken sabit noktalar gümüş, altın ve bakırın donma noktalarıdır. Bu nedenle 1997 yazında NIST (A.B.D) ile ortak proje kapsamında gümüş ve altın siyah cisim sabit noktaları yapılacaktır. Bu iki siyah cisim oyuğu tek bir ısıtıcı kullanmaktadır ve özellikleri aşağıdaki gibidir.

ÖZELLİKLERİ	ALTIN ve GÜMÜŞ SİYAH CİSİMLER
Emissivite	0.9998
Açıklık (Aperture) Çapı	3 mm
Belirsizlik	20 mK
Donma platosunun süresi	15 - 30 dakika.

Bu tabloda görüldüğü gibi 15-30 dakikalık donma platosu ölçeğin daha alt seviyelere taşınabilmesi için yeterli değildir. Bu nedenle siyah cisim donma noktası sıcaklığı yüksek kararlılıkta tungsten flaman lambalara taşınarak ölçek lambalar üzerinden saklanır ve sürdürülür.

UME, Işınım Sıcaklığı Laboratuvarı'nda toplam 4 adet yüksek kararlılıkta tungsten flaman lamba bulunmaktadır. Bunlar,

600 °C - 1700 °C

1600 °C - 2200 °C

sıcaklık aralığında ve  $660 \pm 20$  nm dalga boyunda çalışırlar. İlk olarak NPL tarafından kalibre edilerek UME laboratuvarına gelen bu lambalar, kısa dönem kararlılıkları, doğrulukları, hizalanması ve yansımaları gözönüne alınarak karakterize edilmiş ve Ulusal standart ve çalışma standartları olarak seçilmişlerdir.

İstenen ışınım sıcaklığını elde edebilmek için lambadan geçen akımın 0.5 mA'den daha iyi kontrol edilmesi gerekir. 0.5 mA 1000 °C'de 40mK belirsizlik anlamına gelir. UME şu anda lambalarını 0.25 mA'den daha iyi kontrol edebilmektedir.

Ölçeğin altın veya gümüş siyah cisimden tungsten şerit lambalara taşınabilmesi için hedef çapı 1.5 mm'den küçük ve keskin, kararlı bir transfer standart ışınım termometresine gereksinim vardır.

UME'nin ışımm termometresi aşağıdaki özelliklere sahiptir.

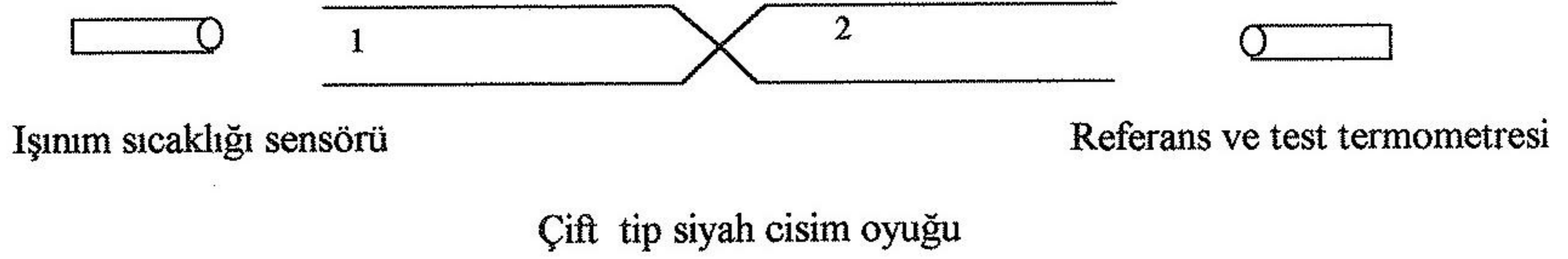
ÖZELLİKLERİ	TRANSFER STANDARD IŞINIM TERMOMETRESİ
Sıcaklık Aralığı	600°C-1700°C for $\lambda_{\text{eff}} = 900 \text{ nm}$ 900°C-2500°C for $\lambda_{\text{eff}} = 650 \text{ nm}$
Odak uzaklığı	400 mm - 1100 mm
En küçük hedef boyutu	0.6 x 0.8 mm
Ayrım / Kısa dönem kararlılık	30 mK den daha iyi
Uzun dönem kararlılık	
600 °C - 900 °C sıcaklık aralığında	0.1 %
900 °C -1400 °C sıcaklık aralığında	0.05 %
1400 °C - 2500 °C sıcaklık aralığında	0.03 %
İstenmeyen ışımmı ret	$10^{-6}$

Tungsten şerit lambalar sadece 660 nm  $\pm$  20 nm dalga boyunda çalışırlar. Oysa endüstrinin kullandığı ışımm termometreleri başka dalga boylarında veya belli bir dalga boyu aralığında çalışıyor olabilir. Bu nedenle tungsten şerit lambalar endüstriyel ışımm termometrelerinin çok büyük bir kısmının kalibrasyonu için uygun değildir. Bu termometrelerin kalibrasyonu için değişken sıcaklık siyah cisimler kullanılır.

UME Işımm Sıcaklığı Laboratuvarı'nda Haziran 1997 itibariyle iki tane değişken sıcaklık siyah cisim kaynağı bulunmaktadır. Bu cihazların özellikleri aşağıda verilmiştir.

ÖZELLİKLERİ	VTBB	
	50 °C - 750 °C	600 °C - 2600 °C
Belirsizlik	$\pm 0.05 \%$ okuma $\pm 0.1$ basamak	$\pm 0.25 \%$ okuma $\pm 1$ basamak
Ayrım (Resolution )	0.1 °C	1 °C
Kararlılık (Stability)	0.05 °C her 8 saatlik periyot	Hedef sıcaklığını istenen sıcaklıkta tutmak için PID kontrol
Oyuk çapı	25.0 mm ile 2.0 mm arası (değişken)	25.0 mm
Emisivite	$0.999 \pm 0.003$	$0.995 \pm 0.003$

600 °C - 2600 °C arasındaki değişken sıcaklık siyah cisim sırt sırta iki oyuğa sahiptir.

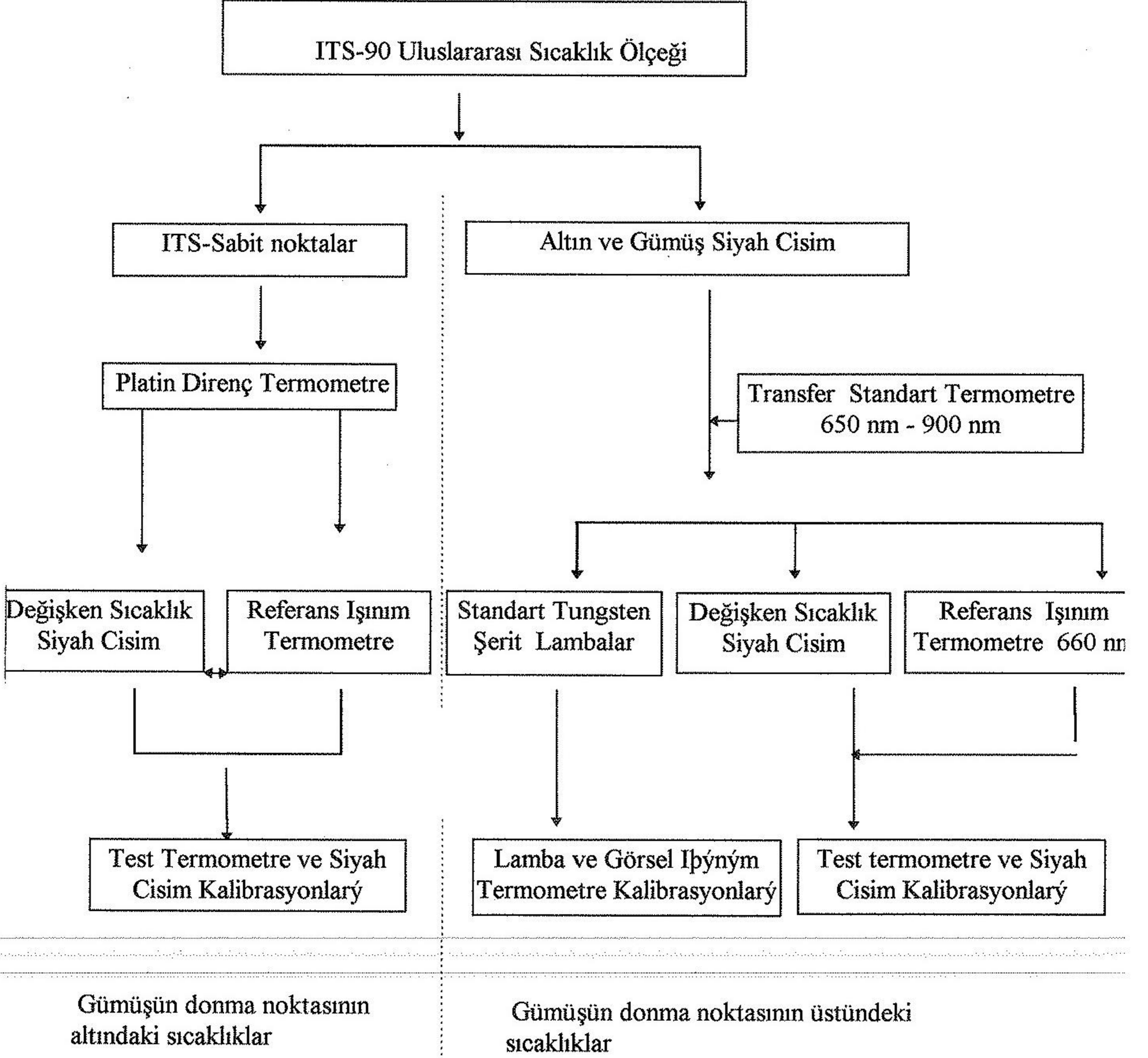


Birinci oyuğun karşısındaki termometre siyah cismin ışınım sıcaklığını izleyerek siyah cismin istenen sıcaklıkta tutulmasını sağlar. İkinci oyuk ise ışınım termometrelerinin kalibrasyonu içindir.

Şekil 1'de UME Işınım Sıcaklığı Ölçeği gösterilmektedir. ITS-90, Işınım Sıcaklık Ölçeğini sadece gümüşün donma noktasının üstündeki sıcaklıklar için tanımlamıştır. Oysa bu sıcaklığın altında hatta 0°C'nin altındaki sıcaklıklarda çalışan ışınım termometreleri vardır ve bu termometrelerin izlenebilir olarak kalibre edilmeleri gerekmektedir.

Bugün için ITS bu sıcaklık aralığında sabit noktalar ve platin termometreler ile tanımlanmaktadır. Bu durum şekil 1'de sol tarafta görülmektedir.

## UME IŞINIM SICAKLIĞI ÖLÇEĞİ



Sekil 1. UME Işınım Sıcaklığı Ölçeği

## 2. ARAŞTIRMA KONULARI

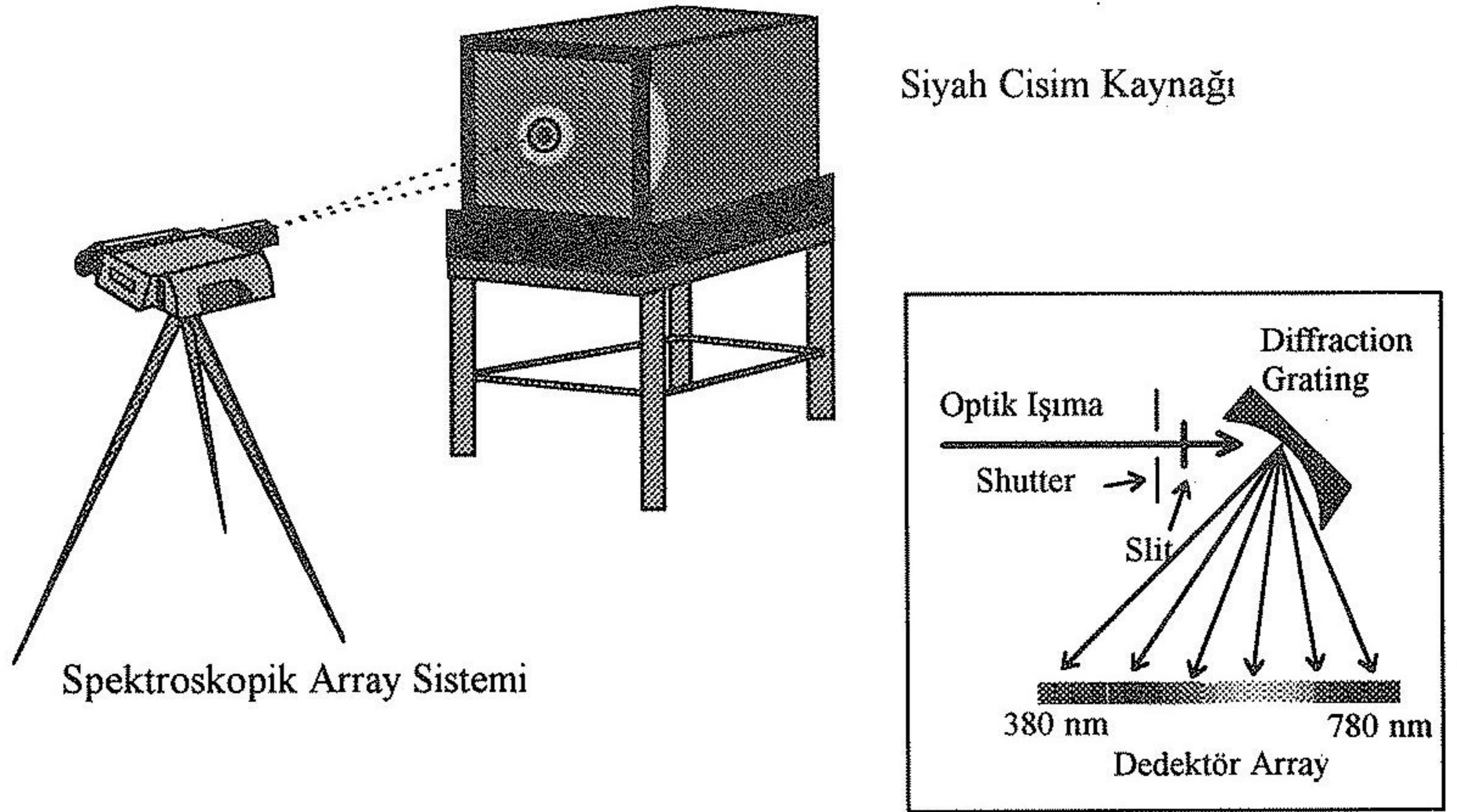
UME Işınım sıcaklığı Laboratuvarı'nda, ışınım sıcaklığı ölçümlerinde belirsizliği düşürmek, ölçeğin dağıtımı ve saklanması daha kolay ve güvenilir yöntemler bulma konusunda araştırmalar sürmektedir.

Bu araştırmalar

- Çoklu dalga boyu ışınım termometresi çalışmaları
- Sabit noktaların yapımı
- Altının donma noktası sıcaklığının cryogenic radyometreye izlenebilir olarak ölçülmesi
- Platin termometrelere benzer şekilde filtre dedektörlerin enterpolasyon cihazları olarak kullanılabilmesi gibi çalışmalardır.

Işınım termometreleri, belli bir dalga boyundaki veya belli bir dalga boyu aralığındaki toplam ışınımı dikkate alarak sıcaklık bilgisine dönüştürürler. UME'de yürütülen çoklu dalga boyu ışınım termometri çalışmalarında ışınımın aynı sıcaklıkta birden fazla dalga boyunda ölçülerek Planck eşitliğinde tek bilinmeyen T değişkeninin birden fazla noktada bulunması amaçlanmaktadır. Bu amaçla şu anda kullanılan düzenek şekil 2'de görülmektedir.

Burada ölçüm cihazı foto-diyot spektroskopik array sistemidir. Spektroskopik array sistemiyle yapılan ölçümler sonucunda bu yöntemin  $\pm 2$  K'den daha iyi bir doğruluk, 1 K'den daha iyi bir duyarlılık ve 0.1 K'den daha iyi bir çözünürlük sağladığı görülmüştür. İleride daha iyi bir spektroskopik sistem kullanarak, izlenebilirliğin böyle bir sistemle saklampa sürdürülebilmesi için UME'de çalışmalar devam edecektir.



Şekil 2. Çoklu dalga boyu ışınım termometri sistemi